

シリコン薄膜成長における三塩化ホウ素によるホウ素ドーピング

Boron doping for Silicon Film Deposition Using Boron Trichloride Gas

横浜国大院工¹ ○大谷真奈¹, 室井光子¹, 羽深 等¹Yokohama Nat Univ.¹, ○Mana Otani¹, Mitsuko Muroi¹ and Hitoshi Habuka¹

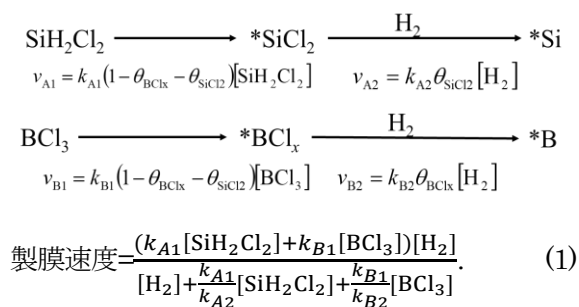
E-mail: habuka-hitoshi-ng@ynu.ac.jp

[緒言] 半導体 Si 薄膜を化学気相堆積法により形成する際に、ジボランなどのドーパントガスが用いられているが、これらより安全なドーピングガスとして三塩化ホウ素(BCl_3)が挙げられる。高温ではエッチング性を示すものの、低温では製膜に用い得ることが報告[1, 2]されたので、本研究では BCl_3 とジクロロシラン (SiH_2Cl_2 , DCS) ガスによる B 添加 Si 製膜を行い、製膜速度の挙動を調べた。

[実験] 製膜装置を Fig.1 に示す。 H_2 ガス(1 slm, 1atm)雰囲気において、Si 基板((100), 3×3 cm, 約 1.5g)を 10 分間 1150°C に加熱し、基板表面の自然酸化膜を除去した。その後、基板を製膜温度($600 \sim 1100^\circ\text{C}$)に調整し、20 分間 SiH_2Cl_2 (DCS) ガス (20 sccm) と BCl_3 ガス(0~100 sccm)を流入して製膜した。製膜速度は重量変化の割合により算出した。排出口側に四重極質量分析器を取り付けて気相化学種を調査し、得られた膜の表面組成を X 線光電子分光法により分析した。

[結果と考察] Fig.2 に基板温度 800°C において、DCS ガス(20 sccm)、 H_2 ガス(1 slm)、 BCl_3 ガス(5~100 sccm)を供給した際の BCl_3 流量と製膜速度の関係を示す。この温度では、ホウ素単独では製膜速度は無視できる程度であり、DCS 単独の製膜速度は $1.6 \mu\text{m}/\text{min}$ 程度であった。 BCl_3 が 20 sccm の時に製膜速度は約 $1.0 \mu\text{m}/\text{min}$ 、100 sccm の時に約 $0.5 \mu\text{m}/\text{min}$ となり、 BCl_3 流量の増大と共に製膜速度は低下した。

ラングミュア型の表面反応機構を仮定し、中間体(SiCl_2 と BCl_x)による表面被覆率 θ と反応速度定数(k_{A1} , k_{A2} , k_{B1} , k_{B2})を用いて、製膜速度を記述した。(*: 吸着状態)



800°C において BCl_3 による B 製膜速度は無視で

きる程度に小さい[1, 2]ことから、 k_{B2} が極めて小さいことを仮定すると、製膜速度は次のように近似される。

$$\frac{k_{B1}}{k_{B2}}[\text{BCl}_3] \gg [\text{H}_2] + \frac{k_{A1}}{k_{A2}}[\text{SiH}_2\text{Cl}_2]. \quad (2)$$

$$\text{製膜速度} \approx k_{B2} \left(\frac{k_{A1}}{k_{B1}} \frac{[\text{SiH}_2\text{Cl}_2]}{[\text{BCl}_3]} + 1 \right) [\text{H}_2]. \quad (3)$$

BCl_3 によるホウ素製膜速度が小さい温度において DCS と H_2 の流量が一定の時には、 BCl_3 流量の増大により(3)式に従って製膜速度が減少すると理解される。

[結論] BCl_3 によるホウ素製膜が遅い温度において、DCS ガスと BCl_3 ガスを用いて B 添加 Si 製膜を行った。 BCl_3 流量を増大させると、製膜速度は減少する傾向にあり、その挙動はラングミュア型の表面反応機構により説明された。

[文献]

[1]室井ら, 応用物理学会(2019 秋) 18p-E304-4.

[2]M. Muroi *et al.*, ECS J Solid State Sci. Technol., in press.

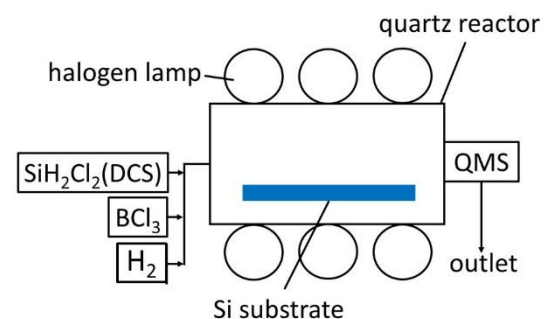
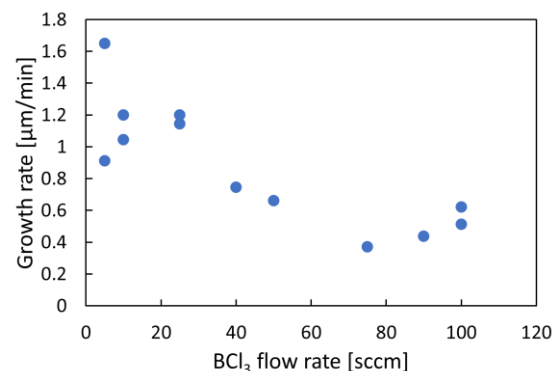


Fig.1 Si film deposition reactor

Fig.2 Relationship between BCl_3 flow rate and deposition rate.